

Influencia de plantaciones exóticas sobre la calidad microbiológica de un suelo de la Llanura Pampeana

Sarti Gabriela*, Cristóbal Miguez Josefina, Piñero Lis, , Pacheco Erika, Effron Diana.

Cátedra de Química General e Inorgánica. Facultad de Agronomía, UBA, Av. San Martín 4453 C1417DSE Buenos Aires

*karibu@agro.uba.ar

Resumen

En la República Argentina, la Ley Nacional de inversión para bosques cultivados N° 25080, propone el aumento de la oferta maderera a través de la implementación de nuevos bosques y ampliación de los existentes. Nuestro país cuenta con 33,2 millones de hectáreas de bosques nativos y 1,2 millones de hectáreas de bosques cultivados, representados principalmente por especies exóticas de rápido crecimiento donde predominan Coníferas, seguidas por Eucaliptos y Salicáceas. En la actualidad el sector forestal debe asumir un fuerte compromiso de sustentabilidad ambiental contemplando estudios de impacto ambiental. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar cómo diferentes plantaciones forestales de las especies *Pinus elliottii* (Pino), *Eucalyptus camaldulensis* (Eucalipto) y *Quercus robur* (Roble) afectaron la calidad microbiológica de un suelo a través de la evaluación de indicadores biológicos. La elección de trabajar con parámetros biológicos fue debido a que los mismos son muy sensibles a las ligeras alteraciones que el suelo pueda sufrir. Las plantaciones proceden de un establecimiento forestal ubicado en Luján, Provincia de Buenos Aires. Las mismas son linderas y de la misma edad aproximadamente, se seleccionaron al azar 5 árboles de cada una de las especies mencionadas. Se tomaron muestras compuestas de suelo debajo de cada árbol sobre las cuales se determinaron carbono de respiración, actividades β -glucosidasa, fosfatasa ácida, proteasa, carbono orgánico, glomalina total y glomalina fácilmente extraíble. En el caso de las actividades enzimáticas los muestreos fueron realizados en primavera y otoño del año siguiente.

La presencia de plantaciones forestales modificó positivamente los contenidos de glomalina total (GT) presentes en el suelo en comparación con el paisaje natural de la región y esto sería un factor que propendería una mejora en calidad del suelo.

En primavera, nuestros resultados mostraron a través de los parámetros estudiados que la mayor actividad biológica se desarrolló en el suelo debajo de la especie Roble. Entre Pino y Eucalipto no se observaron diferencias significativas, excepto en el caso de respiración y carbono orgánico. En el muestreo correspondiente a otoño, el Roble nuevamente mostró diferencias significativas en alguno de los parámetros estudiados (β -glucosidasa y proteasa) con respecto a las otras dos especies estudiadas. Por lo tanto, el suelo bajo las distintas plantaciones presentó distinta actividad biológica medida a través de los diferentes parámetros evaluados, siendo el Roble el que generó una mayor actividad microbiológica. Este efecto fue más notorio en primavera que en otoño, mostrando la influencia del Roble en generar un mayor desarrollo de la microflora del suelo en estudio. Este trabajo preliminar posiciona al Roble como especie de interés para continuar con estudios tendientes a considerarla como promisoría en futuros procesos de implantación.

Abstrac

In Argentina, the national law of investment for cultivated forests N° 25080, proposes the increase of the wood supply through the growth of new forests and the expansion of the existing ones. Our country counts with 33,2 hectares of native forests and 1,2 hectares of cultivated forests represented basically by exotic fast growth species of conifers (pine trees), rubber trees and salicaceae.

Nowadays the forest sector must assume an important environmental sustainability commitment based on studies of environmental impact. Accordingly, the aim of this work is to evaluate through the analysis of microbiological indicators how different forestal plantations of the *Pinus elliottii* (Pine tree), *Eucalyptus camaldulensis* (Eucalyptus) and *Quercus robur* (Oak) species have affected the microbiological quality of the soil.

The choice of biological parameters was due to the fact that these parameters are extremely sensitive to the subtle alterations of the soil. The plantations, which are coming from a forest site in Lujan, Buenos Aires, are adjoining and approximately of the same age. Five trees from each of the mentioned species were chosen at random.

Composite soil samples were taken from the soil under each tree and determinations of respiration carbon, β -glucosidasa activities, acid fosfatasa, protease, organic carbon, total glomalin and easily removable glomalin were carried out. The samples were taken in spring and autumn of the following year.

The presence of forest plantations has positively modified total glomalin contents present in the soil compared to the natural landscape of the area and this would be a factor that would lead to the improvement of soil quality.

Through the studied parameters our results have shown that in spring most of the biological activity took place in the soil under the oak species.

There are not significant differences between pine and eucalyptus except in the case of breathing and organic carbon. Furthermore, in the autumn sampling the oak has again shown some significant differences in some of the studied parameters (β glucosidasa and protease) compared to the other two species studied. Therefore, the soil under the different plantations has shown a different biological activity, being the oak the one that has generated and increased growing activity. This effect was more remarkable in spring than in autumn showing the influence of oak to generate a higher development of the microflora in the studied soil.

In conclusion, this introductory work highlights the oak as a promising species to be further studied in connection with future forestation processes.

Palabras clave: β glucosidasa, proteasa y glomalina

Key words: β glucosidasa, protease and glomalin

Introducción

Los bosques han cumplido una destacada función a lo largo de la historia de la humanidad, modificándose permanentemente la interacción entre los mismos y los seres humanos en función de los cambios socioeconómicos que se desarrollaron. Según Paredes (2007) la tendencia global consiste en obtener productos madereros de bosques cultivados y conservar los bosques nativos por los servicios ecosistémicos que brindan).

Argentina cuenta actualmente con aproximadamente 33,2 millones de hectáreas de bosques nativos y 1,2 millones de hectáreas de bosques cultivados, representados principalmente por especies exóticas de rápido crecimiento donde predominan Coníferas, seguidas por Eucaliptos y Salicáceas (Informe sectorial 2011, Beale y Ortiz 2013).

Pinus elliottii Engelm es una de las especies forestales mas cultivadas en el país (SAGyP, 1999). Su madera se utiliza para el aserradero, la producción de tableros y la industria celulósica. A partir de la década de 1940 comenzaron las introducciones de Eucaliptos tomando un gran impulso en los años 70, siendo *Eucalyptus camaldulensis* (rostrata) una de las especies utilizadas a nivel comercial. Durante varios años, el principal destino de esta madera fue el aserradero (compitiendo palmo a palmo con el pino), actualmente ha tomado relevancia el destino celulósico y para confección de tableros.

A través de la ley N° 25.080 de Inversiones para Bosques Cultivados se le ha dado impulso a la instalación de nuevos proyectos foresto-industriales para aumentar la oferta maderera como así también la ampliación de los existentes. Para lograr estos objetivos, el sector forestal debe asumir en términos de producción un fuerte compromiso de sustentabilidad ambiental contemplando estudios de impacto ambiental y teniendo en cuenta que la tendencia hacia los monocultivos trae consecuencias ecológicas y sanitarias desfavorables, cobra importancia la necesidad de evaluar otros Géneros que permitan la diversificación de las actuales forestaciones.

En este sentido, la especie exótica Roble europeo (*Quercus robur*) por su adaptación a las condiciones generales del clima en ciertas regiones de nuestro país, por poseer madera de calidad y reconocido valor en el mercado, podría ser considerada dentro de las especies promisorias para ser seleccionada en ensayos de implantación (Godoy et al., 2007). Según Luque (2009), en un estudio llevado a cabo en el Valle de Calamuchita, Córdoba, considera a esta especie por sus características biológicas, de bajo impacto ambiental sugiriendo que su introducción masiva no reviste mayor riesgo para la salud ni para la persistencia del bosque nativo actual.

Para evaluar cómo estas plantaciones exóticas afectan la calidad de un suelo, no habría un enfoque único para generar un conjunto de indicadores adecuados. En este trabajo, se eligieron indicadores de origen biológico debido a que los mismos son muy sensibles a

las ligeras alteraciones que el suelo pueda sufrir (Yakovchenko et al., 1996) pudiendo entonces ser utilizados para predecir la tendencia de la calidad del suelo a largo plazo. Se midieron la actividad de las enzimas involucradas en los ciclos del C, N y P como son las β -glucosidasa, proteasas y fosfatasa ácidas. Estas enzimas son las más estudiadas por estar relacionadas con la mineralización de la materia orgánica, siendo sus productos finales imprescindibles para la nutrición vegetal, a través de la transformación y degradación de la misma (Effron et al., 2014). Se evaluó el contenido de carbono orgánico debido a que existe una estrecha relación entre las actividades enzimáticas y el contenido de materia orgánica del suelo estando dichos parámetros influenciados por los cultivos y el sistema de laboreo del suelo. Otro parámetro estudiado fue el carbono de respiración que representa una medida de la actividad microbiana del suelo, el cual puede variar con la temperatura, la humedad y las especies de plantas (Carmona et al., 2006).

Otro parámetro estudiado fue la glomalina, una glicoproteína es producida por los hongos micorrizicos arbusculares que colonizan al 90% de las plantas superiores.

La glomalina posee una fuerte capacidad cementante y alta estabilidad en el suelo. El comportamiento recalcitrante de la glomalina junto a su naturaleza glicoproteica y su aparente característica hidrofóbica permitiría proteger a las hifas de las pérdidas de agua y nutrientes sugiriendo que la molécula sería muy estable con una lenta velocidad de descomposición. Además, es de gran relevancia su capacidad para almacenar en su propia molécula un alto porcentaje de carbono (30-50%) (González-Chávez et al., 2004). La repelencia al agua y la capacidad de humectación que presenta esta glicoproteína impide la erosión de los suelos, por lo que estas proteínas fúngicas, estarían jugando un papel fundamental en la estabilidad de los agregados del suelo, impidiendo la ruptura de los mismos en los procesos de secado y humedecimiento generando mayor porosidad y estructura, optimizando las condiciones de drenaje, la retención hídrica, el anclaje de raíces y el desarrollo de una activa comunidad microbiana.

En función a las características de solubilidad, se identifican dos pools de glomalina: Glomalina fácilmente extraíble (GFE), que corresponde a la fracción de más reciente formación, y Glomalina total (GT) que representa la cantidad total de la glicoproteína tanto en la superficie como en el interior de los agregados (Pérez et al., 2012).

El objetivo de este trabajo fue evaluar cómo diferentes plantaciones forestales de las especies *Pinus elliottii*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Quercus robur* afectaron la calidad microbiológica de un suelo a través de la evaluación de indicadores biológicos.

Materiales y métodos

Sitio del experimento

El sitio de la investigación se encuentra en la localidad de Jáuregui, partido de Luján (34° 34' lat. S, 59° 06' Long. O.) provincia de Buenos Aires. El paisaje de la zona está compuesto por lomas alargadas y planicies onduladas. La vegetación natural corresponde a un pastizal ha sido alterada con la incorporación de cultivos agrícolas. El clima es templado subhúmedo con temperatura media anual de 16,6°C y precipitación media anual de 950mm, concentrándose en otoño y primavera. Los suelos son Argiudoles, con horizonte superficial de textura franco-limosa a franco-arcillo- limosa y un horizonte B textural con barnices y estructura en prismas moderados.

Se trabajó con tres rodales de bosque implantado cuya antigüedad son de 20 años para el caso de las especies Roble (*Quercus robur*) y Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) y de 16 años para el caso de Pino (*Pinus elliottii*), siendo estas plantaciones contiguas en el establecimiento forestal.

Se realizaron dos muestreos, una en el mes de octubre (primavera) y otro en el mes de abril (otoño). Se seleccionaron al azar 5 árboles de cada especie por muestreo, los cuales presentaban buen estado sanitario y portes similares. Se tomaron cuatro muestras superficiales de suelo por cada árbol (0-10 cm) equidistantes un metro del tronco de cada uno de los arboles seleccionados, previo retiro de la hojarasca. Las mismas se homogeneizaron y se realizó una muestra compuesta para cada uno de ellos. Dichas muestras fueron conservadas en bolsas plásticas bajo refrigeración. Posteriormente se procedió a la tamización con mallas de 4 mm o 2 mm según la determinación a realizar.

Determinaciones analíticas en muestras de suelo

Actividad β -glucosidasa Se siguió la técnica descrita por Dick et al. (1996). El método se basa en la hidrólisis del sustrato *p*-nitrofenil glucósido (PNG) por acción de la β -

glucosidasa a pH 6 que libera *p*-nitrofenol el cual se determina colorimétricamente. Los resultados se expresan en $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ suelo seco h}^{-1}$.

Actividad proteasa: Se siguió la técnica de Dilly y Munch (1996). El método consiste en la determinación del aminoácido tirosina, liberado en la incubación del suelo, usando como sustrato caseína la cual se determina colorimétricamente. Los resultados se expresan en $\mu\text{g de tirosina g}^{-1} \text{ suelo seco h}^{-1}$.

Actividad fosfatasa ácida: Se siguió la técnica descrita por Dick et al., (1996). El método se basa en la hidrólisis del *p*-nitrofenil fosfato de sodio (PNP) por acción de la fosfatasa a pH 6,5 que libera *p*-nitrofenol el cual se determina colorimétricamente. Los resultados se expresan en $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ suelo seco h}^{-1}$.

Carbono de respiración: Se siguió la técnica descrita por Anderson (1982). Se determinó midiendo el dióxido de carbono liberado durante la incubación de un suelo por siete días, el que es retenido por una solución de NAOH y posterior valoración del NAOH remanente. Los resultados obtenidos se expresan en $\text{mg de C-CO}_2 \text{ desprendidos kg}^{-1} \text{ suelo en 7 días}$.

Carbono orgánico: Se determino por el método de Walkley y Black (Nelson y Sommers 1982).

Glomalina total (GT): se determinó mediante extracciones sucesivas con citrato de sodio 50 mM a pH 8,0 y autoclavado por 1 hora hasta desaparición del color pardo rojizo característico de la glomalina y posterior determinación espectrofotométrica de acuerdo al método de Bradford para proteínas (Lovelock et al., 2004), estas muestras se determinaron en otoño.

Glomalina fácilmente extraíble (GFE): se extrajo con citrato de sodio 20 mM, pH 7,0 y autoclavado por 30 minutos con posterior determinación espectrofotométrica con igual metodología que la glomalina total (Morales et al., 2005) estas muestras se determinaron en otoño. En el caso de las muestras de glomalina además del suelo bajo la influencia de las distintas especies forestales se tomaron muestras del pastizal aledaño sin especies forestales implantadas.

Análisis estadístico

Se analizaron los resultados a través del análisis de varianza (ANOVA) y se compararon los pares de datos a través del análisis de Tukey. Se utilizó para esto el programa estadístico infostat 2015, versión estudiantil.

Resultados y discusión

Tabla 1: Valores medios del C-CO₂ de respiración. Los valores fueron medidos en el suelo bajo la influencia de las tres especies forestales en Luján, Provincia de Buenos Aires. Letras distintas entre especies indican diferencias significativas (p< 0,05).

Respiración (mg C.CO ₂ 100g ⁻¹ Suelo) 7 días ⁻¹		
Especies	Campaña primavera	Campaña otoño
Roble	27,2 a	7,2 a
Eucalipto	14,7 b	5,8 a
Pino	9,3 c	6,9 a

Tabla 2: Valores medios de carbono orgánico. Los valores fueron medidos en el suelo bajo la influencia de las tres especies forestales en Luján, Provincia de Buenos Aires. Letras distintas entre especies indican diferencias significativas (p< 0,05).

Carbono orgánico (g. kg ⁻¹ suelo)		
Especies	Campaña primavera	Campaña otoño
Roble	33,5 a	18,8 a
Eucalipto	25,1 b	14,6 a
Pino	17,5 c	17,0 a

Con respecto a los valores que corresponden a carbono de respiración (Tabla.1), las muestras tomadas en primavera mostraron resultados significativamente distintos (p<0,05) para las tres especies, siendo el Roble aquella que mostró la mayor actividad. En cuanto a las muestras tomadas en otoño, si bien el Roble presenta una leve tendencia hacia mayores valores, esto no fue de significancia estadística.

La variable carbono orgánico en el muestreo de primavera mostró diferencias significativas entre las tres especies encontrándose el mayor valor en el caso de Roble y el menor valor correspondió a la especie Pino (Tabla.2). En otoño, sólo se registraron diferencias significativas entre las especies Roble y Pino en comparación con Eucalipto.

Effron y col. (2011) quienes trabajaron con Roble europeo y Pino radiata en un andisol de la Patagonia también encontraron mayores valores de estas variables en el suelo bajo Roble. Según Alvear y col. (2007) existirían cambios en la estructura de la comunidad de los microorganismos, la cual depende del origen y composición cualitativa y cuantitativa de la materia orgánica del suelo, hecho que se vería reflejado indirectamente en nuestros resultados, teniendo en cuenta el mayor contenido de carbono orgánico en el suelo bajo Roble.

Los resultados encontrados en el presente trabajo respecto que los mayores valores de carbono orgánico se corresponden con la mayor actividad de las enzimas extracelulares que se observa en los gráficos siguientes. Este hecho también fue reportado por otros autores, quienes sugirieron cambios en la actividad metabólica de los microorganismos (Jiang et al., 2010, Bowles et al., 2014).

Figura 1: Valores medios de la actividad β -glucosidasa. Los valores fueron medidos en el suelo bajo la influencia de las tres especies forestales en Luján, Provincia de Buenos Aires. Letras distintas entre especies indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

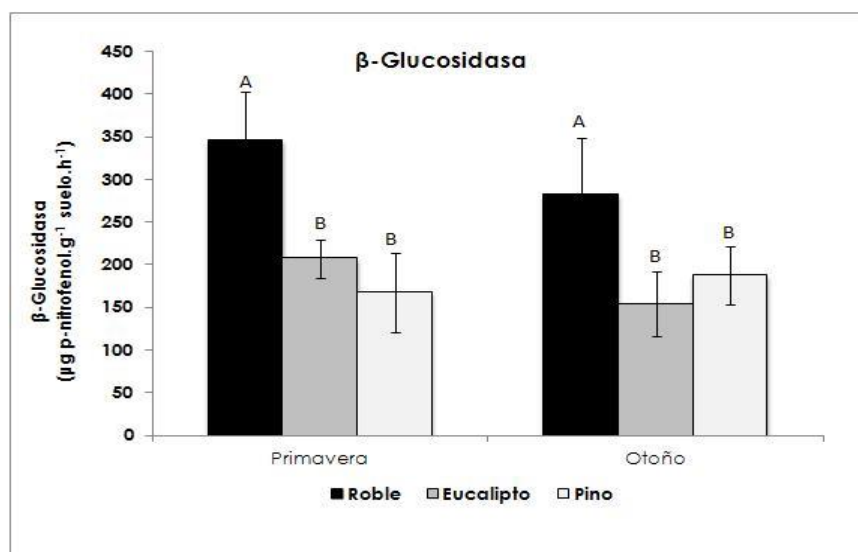


Figura 2: Valores medios de la actividad proteasa. Los valores fueron medidos en el suelo bajo la influencia de las tres especies forestales en Luján, Provincia de Buenos Aires. Letras distintas entre especies indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

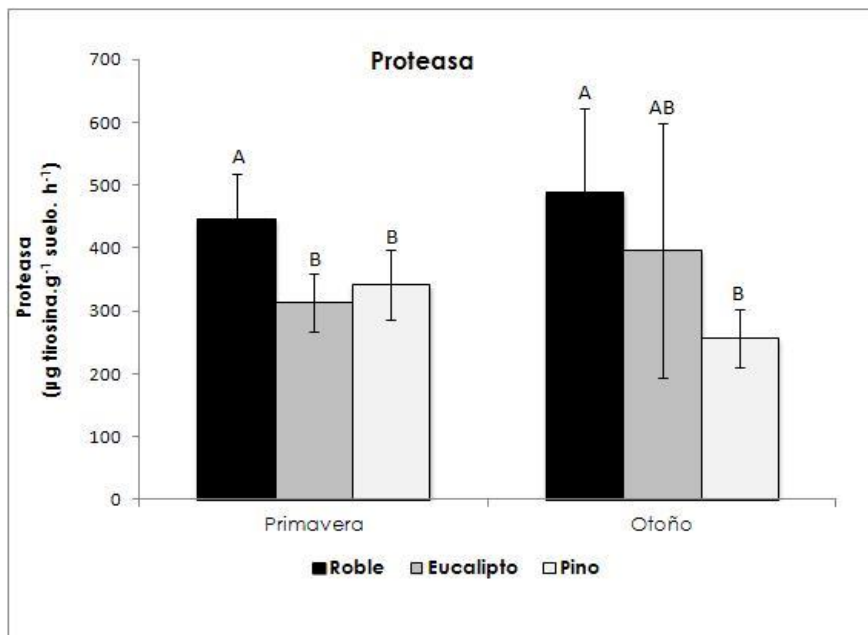
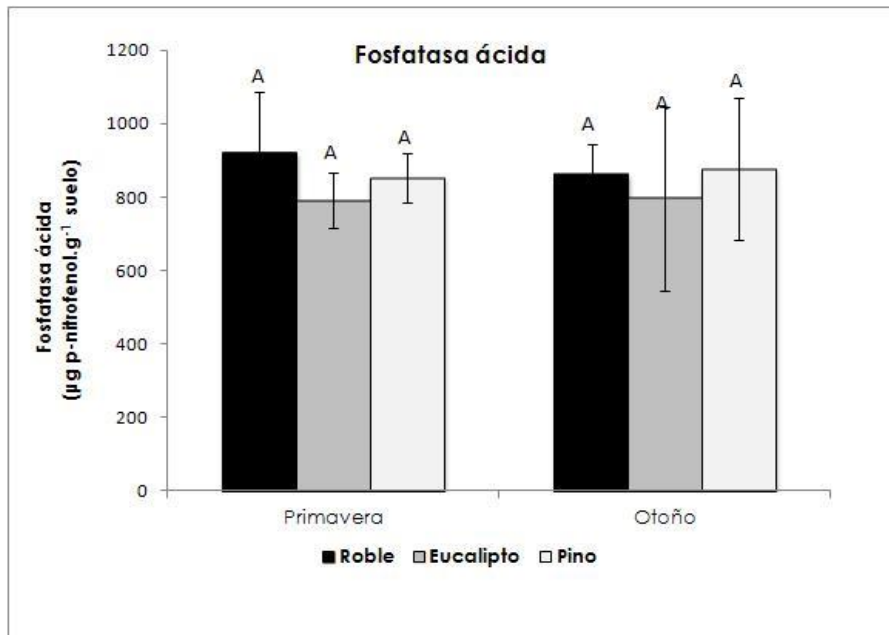


Figura 3: Valores medios de la fosfatasa ácida. Los valores fueron medidos en el suelo bajo la influencia de las tres especies forestales en Luján, Provincia de Buenos Aires. Letras distintas entre especies indican diferencias significativas ($p < 0,05$).



Las enzimas involucradas en los ciclos del C y N tales como β -glucosidasa y proteasa mostraron en el suelo bajo la influencia de Roble mayores valores ($p < 0.05$) respecto de Pino (Fig. 1 y 2), tanto en el muestreo de primavera como de otoño. Estos resultados coinciden con otros trabajos donde el suelo bajo la influencia de Roble en comparación con Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don), presentó mayores valores de algunos parámetros biológicos estudiados (Effron et al., 2011). Con respecto a Eucalipto (Fig. 1 y 2) se encontraron resultados similares a los anteriores siendo nuevamente la especie Roble la que presentó valores significativamente superiores, excepto en el caso de la actividad proteasa en otoño situación en la cual, si bien, el suelo bajo Roble posee los mayores valores de actividad enzimática, los mismos no fueron estadísticamente significativos.

En este suelo clasificado como argiudol, la actividad de la enzima fosfatasa ácida no mostró ser un indicador sensible para observar diferencias entre las especies forestales estudiadas (Fig. 3). Este resultado se contrapone con los hallados por Effron y col. (2012) en un andisol de la Patagonia implantado con Roble europeo y Pino radiata donde este parámetro resultó ser relevante entre ambas especies siendo significativamente superior en el caso de Roble.

Tabla 3: Valores medios de glomalina total (GT) en el suelo debajo de la influencia de las tres especies forestales y del pastizal aledaño en Luján, Provincia de Buenos Aires. Letras distintas entre campañas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

	Glomalina Total			
Campañas	Roble	Pino	Eucalipto	Pastizal
2013	8,38 a	8,38 a	7,30 a	3,90a
2014	6,32 b	6,23 b	6,80 b	4,20 a
2015	5,20 c	3,34 c	3,11 c	3,55 a

La presencia de plantaciones forestales modificó positivamente los contenidos de glomalina total (GT) presentes en el suelo en comparación con el paisaje natural del pastizal de la región pampeana y esto sería un factor que propendería una mejor calidad del suelo. Sin embargo, entre las distintas especies forestales no se evidenciaron diferencias en cuanto a los niveles hallados de glomalina fácilmente extraíble (GFE) ni tampoco en el caso de glomalina total (GT).

A través de las distintas campañas y con todas las especies estudiadas los depósitos de glomalina total (GT) mostraron una significativa disminución acentuándose este hecho en la última campaña.

Conclusiones

El suelo bajo las distintas plantaciones forestales presentó distinta actividad biológica medida a través de los diferentes parámetros evaluados, siendo el Roble el que generó una mayor actividad microbiológica. Este efecto fue más notorio en primavera que en otoño, mostrando la influencia del Roble en generar un mayor desarrollo de la microflora del suelo en estudio. Este trabajo preliminar posiciona al Roble como promisorio en futuros procesos de implantación.

Por otro lado, a través de las distintas campañas y con todas las especies estudiadas los depósitos de glomalina total (GT) mostraron una significativa disminución acentuándose en la última campaña. Este hecho sugeriría la presencia de un pool de glicoproteína con características de menor recalcitrancia y esto ocasionaría una

importante incorporación de carbono a la atmósfera con el efecto negativo de contribuir al calentamiento global del planeta.

Agradecimiento

Este trabajo fue financiado con el proyecto UBACyT 20020120100078BA.

Bibliografía

- Alvear M., Reyes F. y Morales A. (2007), Actividad biológica y agregados estables del agua en dos tipos de formaciones vegetales de un bosque templado del centro-sur de Chile con perturbación antrópica. *Ecología Austral*, 17: 113-122
- Anderson J. (1982), Soil respiration: Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy: In: R.M. Miller y D.R. & Kenny (eds), 831-871
- Beale I. y Ortiz F. (2013), El sector forestal argentino, bosques implantados. *Revista de divulgación Técnica, Agrícola y Agroindustrial* 53: 1852-7986
- Bowles V. and Acosta F. (2014), Soil Biology & Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. *Biochemistry* 68: 252-262
- Carmona M., Aguilera M., Pérez C. y Serey I. (2006), Actividad Respiratoria en el horizonte orgánico de suelos de ecosistemas forestales del centro y sur de Chile. *Gayana Botanical* 63: 1-12
- Dick R., Rakwell D. and Turco R. (1996), Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. *Methods for Assessing Soil Quality* 49: 247-271
- Dilly O. and Munch J. (1996), Microbial biomass content, basal respiration and enzyme activities during the course of decomposition of leaf litter in a Black Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) Forest. *Soil Biology. Biochemistry* 28: 1073-1081
- Dirección General de Estrategias de Comercio Exterior, Secretaría de Comercio Internacional (2011), Informe Sectorial, Sector de la Industria de pasta de madera, papel y cartón. Dirección de Oferta Exportable

<http://argentinatradenet.gov.ar/sitio/estrategias/Sector%20pasta%20de%20madera,%20papel%20y%20cart%C3%B3n.pdf>

Effron D., Defrieri R., Sarti G., Escobar J. y García de Salamone I. (2011), Propiedades Microbiológicas en un suelo de la Patagonia Argentina bajo la influencia de diferentes especies forestales. Asociación Argentina de Ciencias del suelo 29: 191-197

Effron D., Sarti G., Quinteros C. y Catán S. (2012), Influencia de las especies Roble (*Quercus robur*), Fresno (*Fraxinus excelsior* L.) y Pino Radiata (*Pinus radiata* D. Don) sobre parámetros biológicos y bioquímicos en un suelo forestal de Chubut, Argentina. Revista de Información tecnológica 23: 87-92

Effron D., Sarti G., Quinteros C., Castro Eiro M., Cristóbal Miguez J., Piñero L. y Rebottaro S. (2014), Estudio del efecto de diferentes especies forestales implantadas en propiedades biológicas y bioquímicas de un suelo de la provincia de Buenos Aires

<https://www.aqa.org.ar/joomla/images/anales/pdf101/cd/ambiental.html>

Godoy M., Defossé G. y Thren N. (2007), Especies forestales promisorias para la diversificación de forestaciones en la Patagonia Argentina. Bosque 22: 25-32

González-Chávez M, Gutiérrez-Castorena M, y Wright S. (2004). Hongos micorrízicos arbusculares en la agregación del suelo y su estabilidad. TERRA Latinoamericana 22: 507-514

Jiang M., Chen L., Xu H., Liu Q., Ouyang J. and Wang F. (2010), Soil soluble organic matter, microbial biomass, and enzyme activities in forest plantations in degraded red soil region of Jiangxi Province, China. The journal of applied ecology 9: 2273-2278

Lovelock C., Wright S., Clark D. and Ruess R.W.(2004). Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. Journal Ecology 92: 278-287

Luque E. (2009), El cultivo de Fresno (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) y Roble (*Quercus robur* L.) en el valle de Calamuchita. (Tesis magíster en Ciencias agropecuarias). Univ. Nac. de Córdoba. Fac. De Ccias Agropecuarias, Córdoba, Argentina. 122-123

- Morales A., Castillo R., Rubio R., Borie F. and Rouanet J. (2005), Niveles de glomalina en suelos de dos ecosistemas del sur de Chile. *Revista Ciencia del Suelo Nutrición Vegetal* 5: 37-45
- Nelson D and Sommers L. (1982), Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis*, Madison, Wiscosin. USA 539-579
- Paredes G. (2007), Tendencias y Desafíos en Investigación e Innovación para el Desarrollo de las Plantaciones Forestales. *Actas Primera Reunión sobre Forestación en la Patagonia. Ecoforestar 2007*, CIEFAP, Esquel, Argentina
- Pérez G., Sirio A, Sotelo C. y Driutti A. (2012). Determinación de proteína reactiva (glomalina) por el método de Bradford en suelos de lotes citrícolas y un campo natural. *XVII Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina
- Yakovchenko V., Sikora L. and Rauffman D. (1996), A biologically based indicator of soil quality. *Biology and Fertility of Soils* 21: 245-251